

Epreuve de Sciences et Techniques Automatisées

Date : 20 Mai 2016

Durée : 3 H

Nbre de pages : 10

Barème : Partie A : Automatique (10 pts) Partie B : Mécanique Générale (10 pts)

Remarques :

1/ La partie A (Automatique) est à rédiger sur le document réponse (page 4/10-7/10) qui doit être rendu à la fin de l'épreuve.

2/ La partie B (Mécanique) est indépendante de la partie A et doit être rédigée sur une feuille séparée.

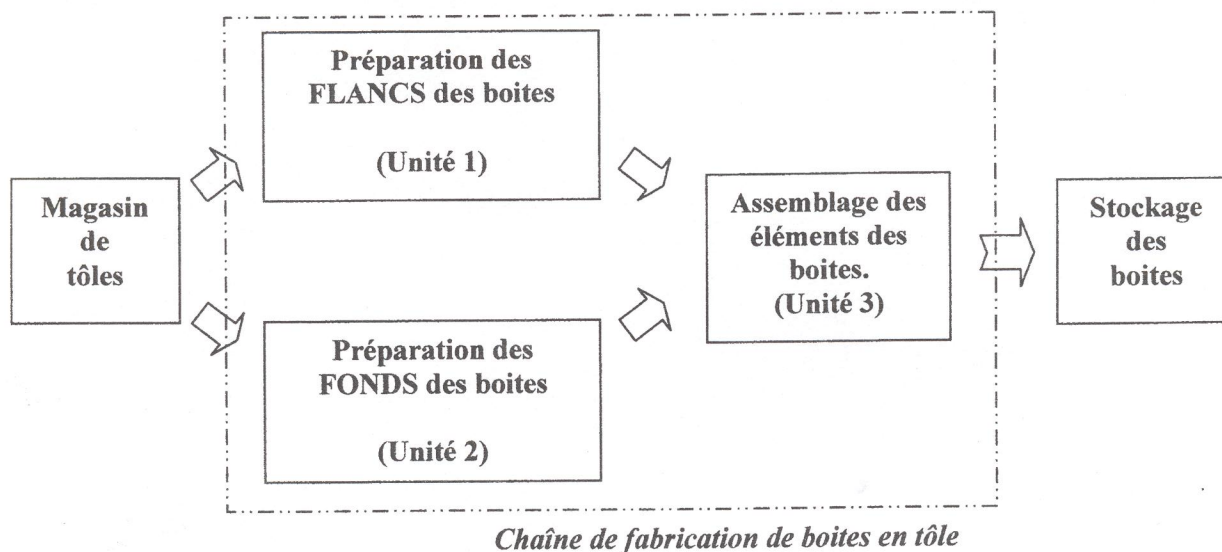
3/ Il sera tenu compte de la présentation et de la clarté des justifications.

CHAINE DE FABRICATION DE BOITES METALLIQUES
Mécanisme de découpage

Présentation :

Le système faisant l'objet de cette étude est une chaîne de fabrication industrielle. Elle sert à produire des boîtes cylindriques, en tôle spéciale mince, destinées à l'emballage des conserves (confitures, tomates, thon, etc...). Cette chaîne est composée principalement de trois unités qui concernent respectivement la préparation des fonds des boîtes, la préparation des flancs des boîtes et leur assemblage. Les deux premières unités fonctionnent en parallèle et fournissent la matière d'œuvre à la troisième.

Le diagramme suivant résume les différentes étapes de production :

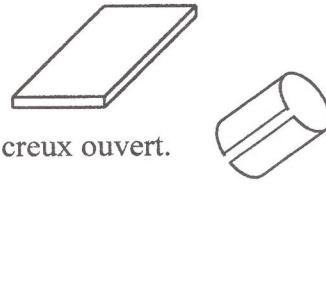


Dans ce travail, on se limite à l'étude du poste de découpage (poste 1) de l'unité 1 :
« **PREPARATION DES FLANCS DES BOITES EN TOLES** ».

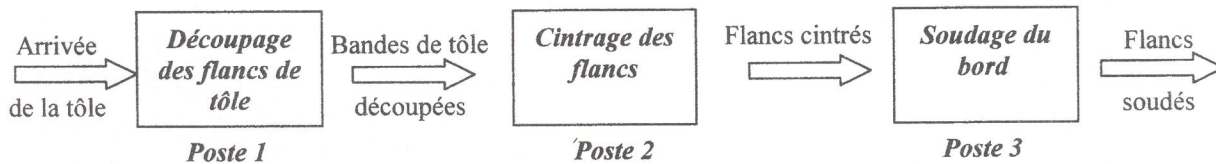
Fonctionnement de l'unité 1 :

La préparation des flancs des boîtes en tôle s'effectue essentiellement en trois étapes :

- **Découpage des flancs de tôle :**
on obtient des bandes de forme rectangulaire.
- **Cintrage des flancs :**
c'est le pliage de la bande sous forme d'un cylindre creux ouvert.
- **Soudage du bord :**
on obtient un cylindre creux continu.



Le diagramme suivant illustre ces différentes opérations :



Fonctionnement du poste de découpage (poste 1) :

Les plaques de tôles sont déplacées vers le poste de découpage par l'intermédiaire d'un tapis roulant entraîné par un moteur (MT1). L'action simultanée de deux vérins (C2) et (C3) sur la tôle, assure son maintien en position sous le mécanisme de découpage. Une fois la bande découpée, elle tombe sur un deuxième tapis roulant pour l'amener au deuxième poste de cintrage (figure 1).

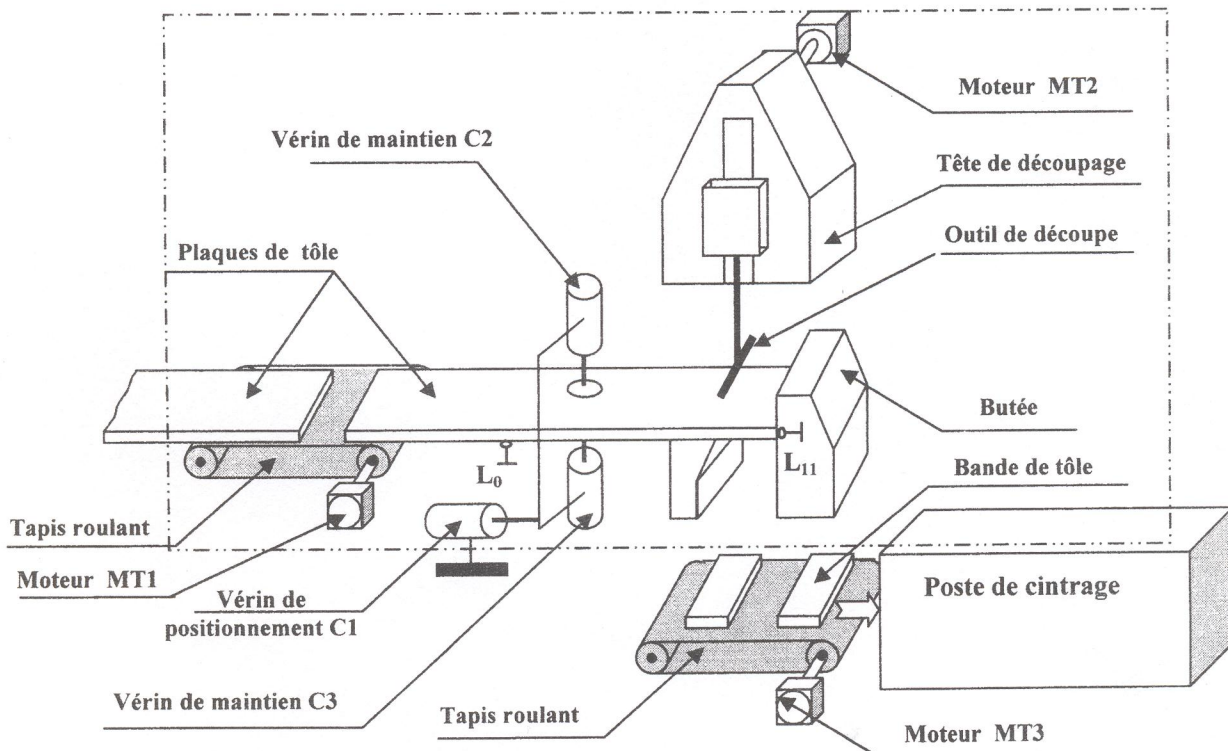


Figure 1 : Poste de découpage

Partie A : AUTOMATIQUE

La partie A (Automatique) est à rédiger sur le document réponse (page 4/10-7/10) qui doit être rendu à la fin de l'épreuve.

Dans cette partie, on s'intéresse à l'étude de la commande du poste de découpage de tôles pour flancs de boîtes.

A1. Automatisation du dispositif de découpage des flancs

La figure 1 représente le poste de découpage de tôles pour flancs de boîtes dont l'alimentation est assurée par un tapis roulant. Ce poste permet de découper des rectangles de tôle de dimensions appropriées sans déchets.

Sur ordre de départ de cycle (**Dcy**), le tapis d'alimentation entraîné par un moteur MT1 est mis en marche. La présence de la tôle détectée par un capteur L_0 entraîne le serrage de cette dernière par l'avance simultanée des deux tiges des vérins C_2 et C_3 . Les capteurs L_{21} et L_{31} sont activés. Ils entraînent ainsi la sortie de la tige du vérin C_1 (solidaire aux vérins C_2 et C_3) qui assure le déplacement de la tôle jusqu'à la butée. L'activation du capteur L_{11} entraîne la descente de la tête de découpage commandée par un moteur MT2. L'action sur le capteur L_{41} indique la fin de l'opération de découpage. Le capteur L_{40} commande le desserrage de la tôle par le retour des deux tiges des vérins C_2 et C_3 . L'action sur les capteurs L_{20} et L_{30} entraîne la rentrée de la tige du vérin C_1 assurant le retour à la position initiale des deux vérins C_2 et C_3 . Si la tôle n'est pas épuisée, un nouveau cycle reprend.

Les actions et les informations nécessaires au fonctionnement sont regroupées dans les deux tableaux suivants :

Capteurs	
Tige C_1 rentrée	L_{10}
Tige C_1 sortie et présence de la tôle contre le mors fixe	L_{11}
Tige C_2 rentrée	L_{20}
Tige C_2 sortie	L_{21}
Tige C_3 rentrée	L_{30}
Tige C_3 sortie	L_{31}
Tête de découpe en position haute	L_{40}
Tête de découpe en position basse	L_{41}
Tôle non épuisée	L_0

Actionneurs	
Vérin double effet de déplacement de la tôle	C_1
Premier vérin double effet de serrage de la tôle	C_2
Second vérin double effet de serrage de la tôle	C_3
Moteur d'entraînement du tapis d'alimentation du poste	MT1
Montée de la tête de découpage	MMT2
Descente de la tête de découpage	DMT2

N. B. : Dans l'écriture des *Grafcet*, respecter la norme internationale CEI60848 utilisée dans le cours.

Document réponses : Automatique

Nom.....Prénom.....

Identifiant.....Classe.....

A2. Travail demandé

A2.1. Compléter le grafcet G1 du point de vue commande (figure 1a), décrivant le fonctionnement du poste de découpage des flancs.

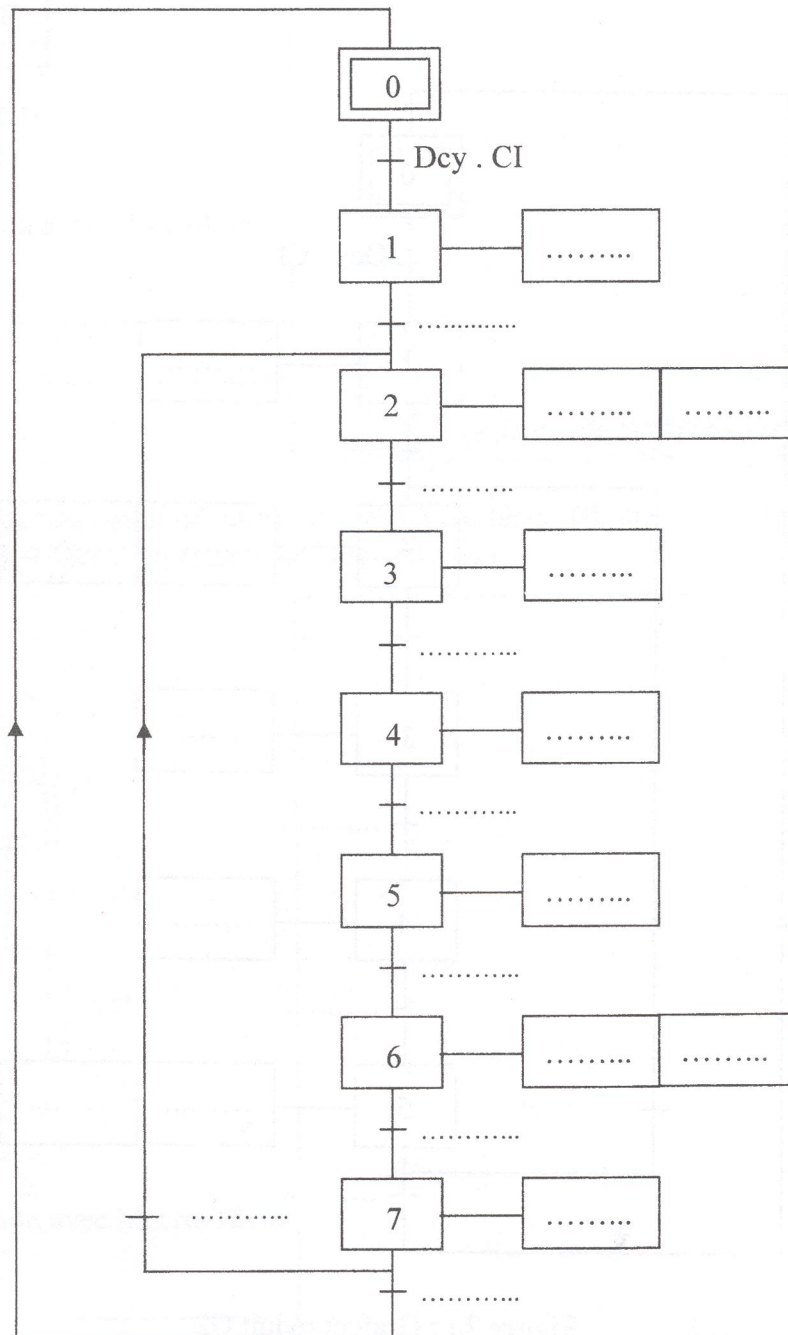
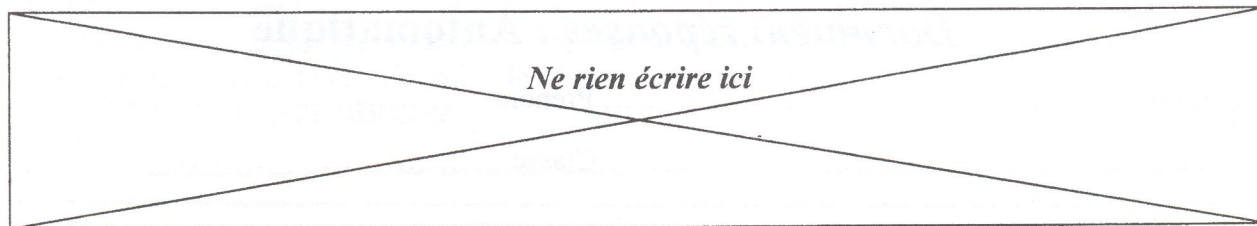


Figure 1a : Grafcet G1.

avec : CI (Conditions Initiales) = $L_{10}.L_{20}.L_{30}.L_{40}$



A2.2. Compléter le grafcet réduit G2 (figure 2a), équivalent au grafcet G1 de la figure 1a.

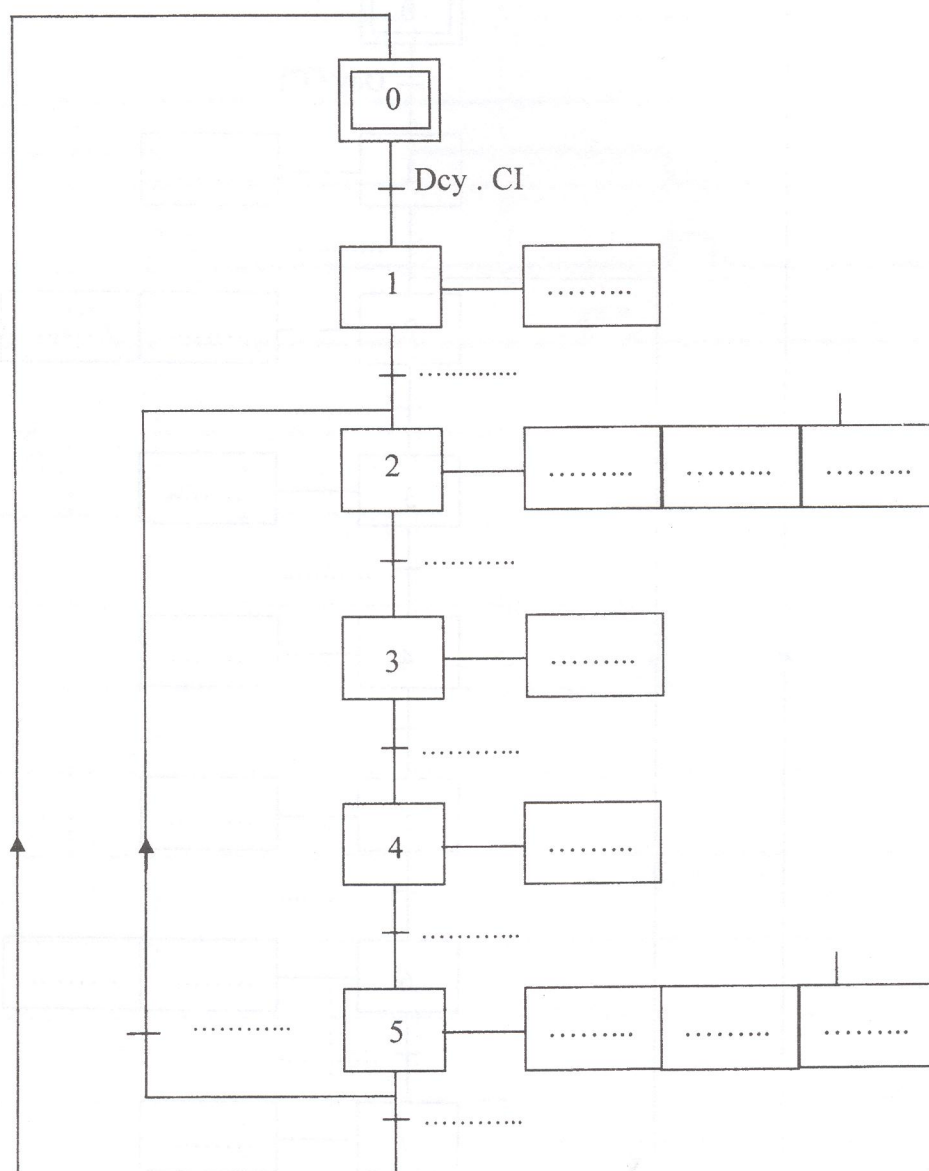


Figure 2a : Grafcet réduit G2

A2.3. On privilégie une solution utilisant une macro-étape (figure 3a), établir l'expansion de la macro-étape ME. Déduire l'expression de la réceptivité r_1 .

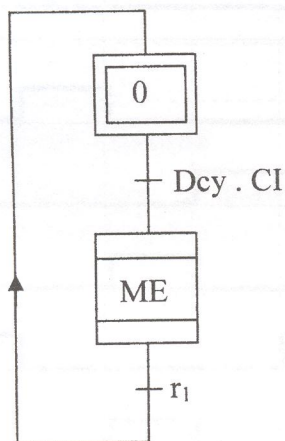


Figure 3a : Solution avec Macro-Etape.

$r_1 = \dots\dots\dots$

Expansion de la Macro-Etape ME.

A2.4. On privilégie une solution utilisant une macro-tâche (figure 4a), établir le grafcet de la macro-tâche MT. Déduire l'expression de la réceptivité r_2 .

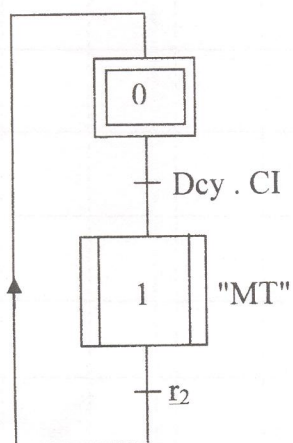


Figure 4a : Solution avec Macro-Tâche.

$r_2 = \dots\dots\dots$

Grafcet de la Macro-Tâche MT.

A2.5. A partir de l'instant t_1 (où l'étape 7 est active) et pour les états des entrées représentés sur le chronogramme de la figure 5a, dresser les graphes de situation des étapes 2 à 7 du grafcet G1 de la séquence de découpage. Donner ensuite, les évolutions correspondantes des sorties. Déduire la durée T de cette séquence.

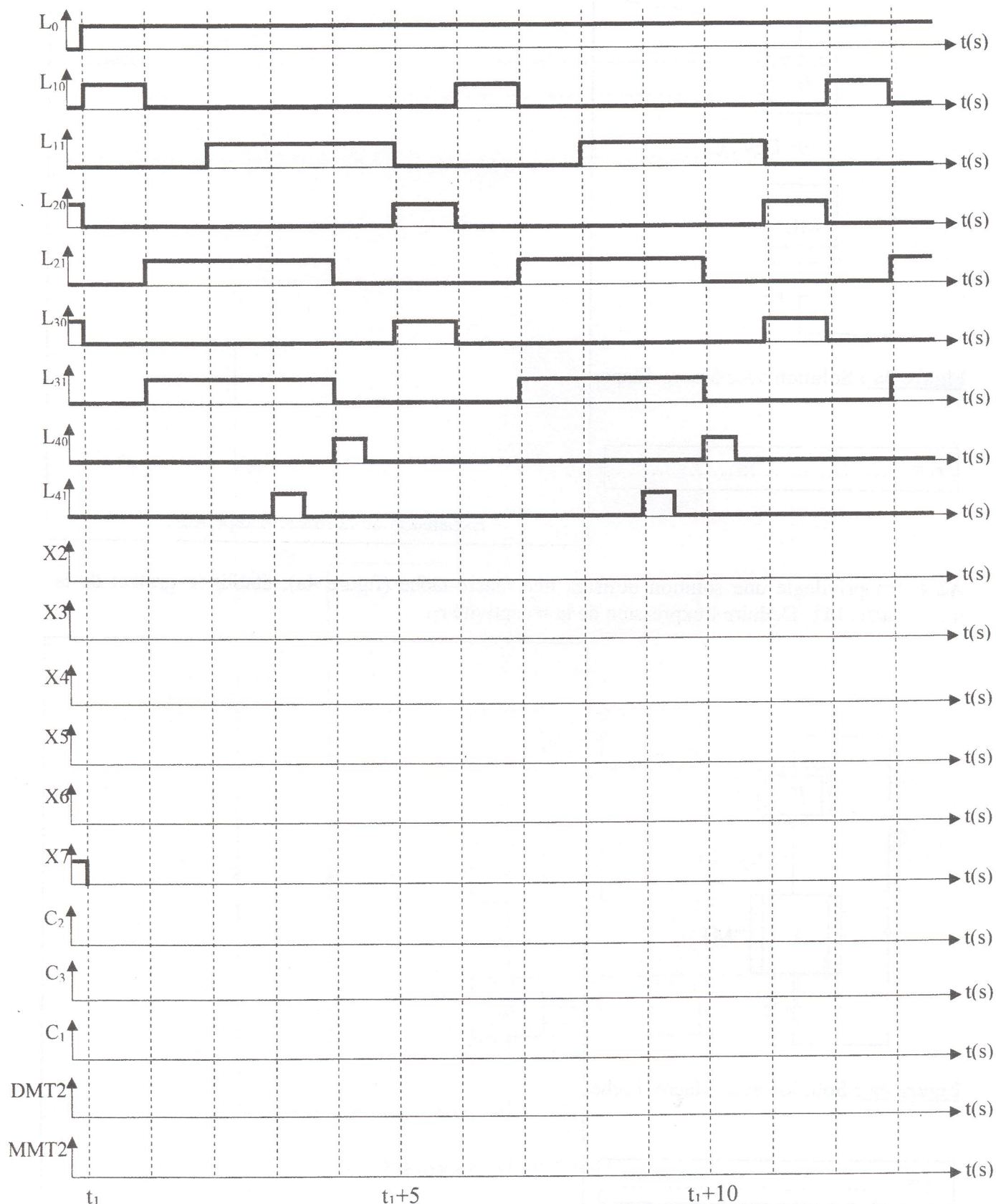


Figure 5a : Chronogramme de la séquence des étapes 2 à 7 du grafcet G1.

$T = \dots\dots\dots$

Partie B : MECANIQUE GENERALE

L'étude portera sur le mécanisme de découpage. On suppose que tous les mouvements se réalisent dans des plans parallèles (Problème plan). La figure 1b représente la configuration dans le plan $(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0)$ de ce mécanisme. Elle illustre les principaux éléments qui le composent soient :

- le bâti (0),
- le pignon (1) en liaison pivot d'axe $(A, \vec{Z}_0)$ avec le bâti (0),
- la roue dentée (2) en liaison pivot d'axe $(O, \vec{Z}_0)$ avec le bâti (0),
- l'engrènement entre le pignon (1) et la roue dentée (2) s'effectue au point I et constitue une liaison supposée ponctuelle de normale $\vec{X}_0$,
- le doigt (3) solidaire de la roue dentée (2) est en liaison supposée ponctuelle en C de normale $\vec{Y}_4$ avec la coulisse (4),
- la coulisse (4) est muni d'une lumière dans la quelle glisse le doigt (3) solidaire de la roue (2), la coulisse (4) est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{Z}_0)$ avec le bâti (0) et en liaison pivot d'axe $(D, \vec{Z}_0)$ avec la bielle (5),
- le coulisseau (6) est en liaison glissière d'axe $(E, \vec{Y}_0)$ avec le bâti (0) et en en liaison pivot d'axe $(E, \vec{Z}_0)$ avec la bielle (5).

Les repères et les paramètres adoptés sont définis comme suit :

- $R_0 (O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$ repère lié au bâti (0) supposé galiléen, tel que l'axe $(O, \vec{Y}_0)$ est vertical ascendant,
- $R_1 (A, \vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}_0)$ repère lié au pignon (1), tel que : $\psi = (\vec{X}_0, \vec{X}_1) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_1)$,
- $R_2 (O, \vec{X}_2, \vec{Y}_2, \vec{Z}_0)$ repère lié à la roue dentée (2) tel que : $\theta = (\vec{X}_0, \vec{X}_2) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_2)$,
- $R_4 (B, \vec{X}_4, \vec{Y}_4, \vec{Z}_0)$ repère lié à la coulisse(4) tel que : $\alpha = (\vec{X}_0, \vec{X}_4) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_4)$,
- $R_5 (E, \vec{X}_5, \vec{Y}_5, \vec{Z}_0)$ repère lié à la bielle (5) tel que : $\beta = (\vec{X}_0, \vec{X}_5) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_5)$.

Les positions des différents centres de liaison sont décrites par les relations vectorielles :

$$\vec{IA} = r \vec{Y}_0, \quad \vec{OI} = R \vec{Y}_0, \quad \vec{OC} = a \vec{X}_2, \quad \vec{BO} = e \vec{Y}_0, \quad \vec{DB} = b \vec{X}_4, \quad \vec{ED} = \ell \vec{Y}_5$$

Les angles ψ , θ , α et β sont les paramètres angulaires du mécanisme. r , R , a , e , b , et ℓ sont des constantes géométriques du mécanisme.

Etude statique

Le système a un mouvement alternatif. Nous ne sommes pas donc dans le cadre d'une étude de statique stricte. Cependant, compte tenu de la faible importance des inerties, nous négligerons les termes dynamiques. L'étude pourra alors être conduite comme une étude statique dans la configuration de la figure 1b.

L'action mécanique d'entrée sur le pignon (1) se réduit à un couple moteur noté $\vec{C}_m = -C_m \vec{Z}_0$, l'action du coulisseau (6) sur la bielle (5) se réduit à une force $\vec{F} = F \vec{Y}_5$ appliquée en E. Tous les poids sont négligés.

Etant donné qu'on a un problème statique plan, pour tous les actions mécaniques non données, le torseur de l'action mécanique du solide (j) sur le solide (i) au point P se simplifie comme suit:

$$\{\tau_{(j) \rightarrow (i)}\}_P = \begin{Bmatrix} X_P & L_P = 0 \\ Y_P & M_P = 0 \\ Z_P = 0 & N_P \end{Bmatrix}_P^{\text{Repère}}$$

**X_P, Y_P et N_P peuvent être nuls
suivant la liaison concernée**

N.B. : Toutes les liaisons sont considérées parfaites sauf la liaison doigt (3)/coulisse (4) dont le coefficient de frottement est noté f

- 1) a) En appliquant le principe fondamental de la statique (en A), étudier l'équilibre du pignon (1) par projection dans le repère R_0 , déduire les équations d'équilibre.
b) Déduire les torseurs $\{\tau_{0 \rightarrow 1}\}_A^{R_0}$ et $\{\tau_{2 \rightarrow 1}\}_I^{R_0}$ en fonction de C_m et r .
- 2) Soit l'ensemble (S) formé par la roue (2) et du doigt (3), (S)=(roue (2), doigt (3)). La vitesse de glissement de S par rapport à (4) au point C est donnée par : $\vec{V}(C \in S/4) = V_g \vec{X}_4$ où $V_g \geq 0$.
a) Soient N et T les modules des composantes normale et tangentielle de l'action mécanique de (4) sur (S) au point C. En utilisant la loi de Coulomb, écrire les composantes de $\{\tau_{4 \rightarrow (S)}\}_C^{R_4}$ et déduire $\{\tau_{4 \rightarrow (S)}\}_O^{R_4}$ en fonction de N , f et des paramètres géométriques.
b) En appliquant le principe fondamental de la statique (en O), étudier l'équilibre de l'ensemble (S)=(roue (2), doigt (3)) par projection dans le repère R_4 , déduire les équations d'équilibre : Pour cette question on prendra $\{\tau_{0 \rightarrow S}\}_O^{R_4} = \begin{Bmatrix} X_O & 0 \\ Y_O & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_O^{R_4}$
c) Déduire N, X_O et Y_O en fonction de C_m, f et des paramètres géométriques.
- 3) En appliquant le principe fondamental de la statique (en D), étudier l'équilibre de la bielle (5) par projection dans le repère R_4 , déduire $\{\tau_{4 \rightarrow 5}\}_D^{R_4}$ en fonction de F et des paramètres géométriques.
- 4) a) Montrer que le vecteur $\overrightarrow{BC} = x_c \overrightarrow{X}_4 = [e \sin \alpha + a \cos(\alpha - \theta)] \overrightarrow{X}_4$
b) En appliquant le principe fondamental de la statique (en B), étudier l'équilibre de la coulisse (4) par projection dans le repère R_4 , déduire les équations d'équilibre :
Pour cette question on prendra $\{\tau_{0 \rightarrow 4}\}_B^{R_4} = \begin{Bmatrix} X_B & 0 \\ Y_B & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B^{R_4}$
c) Déterminer la force F en fonction de C_m, f et des paramètres géométriques.
d) déduire les composantes du torseur $\{\tau_{0 \rightarrow 4}\}_B^{R_4}$ en fonction de C_m, f et des paramètres géométriques.

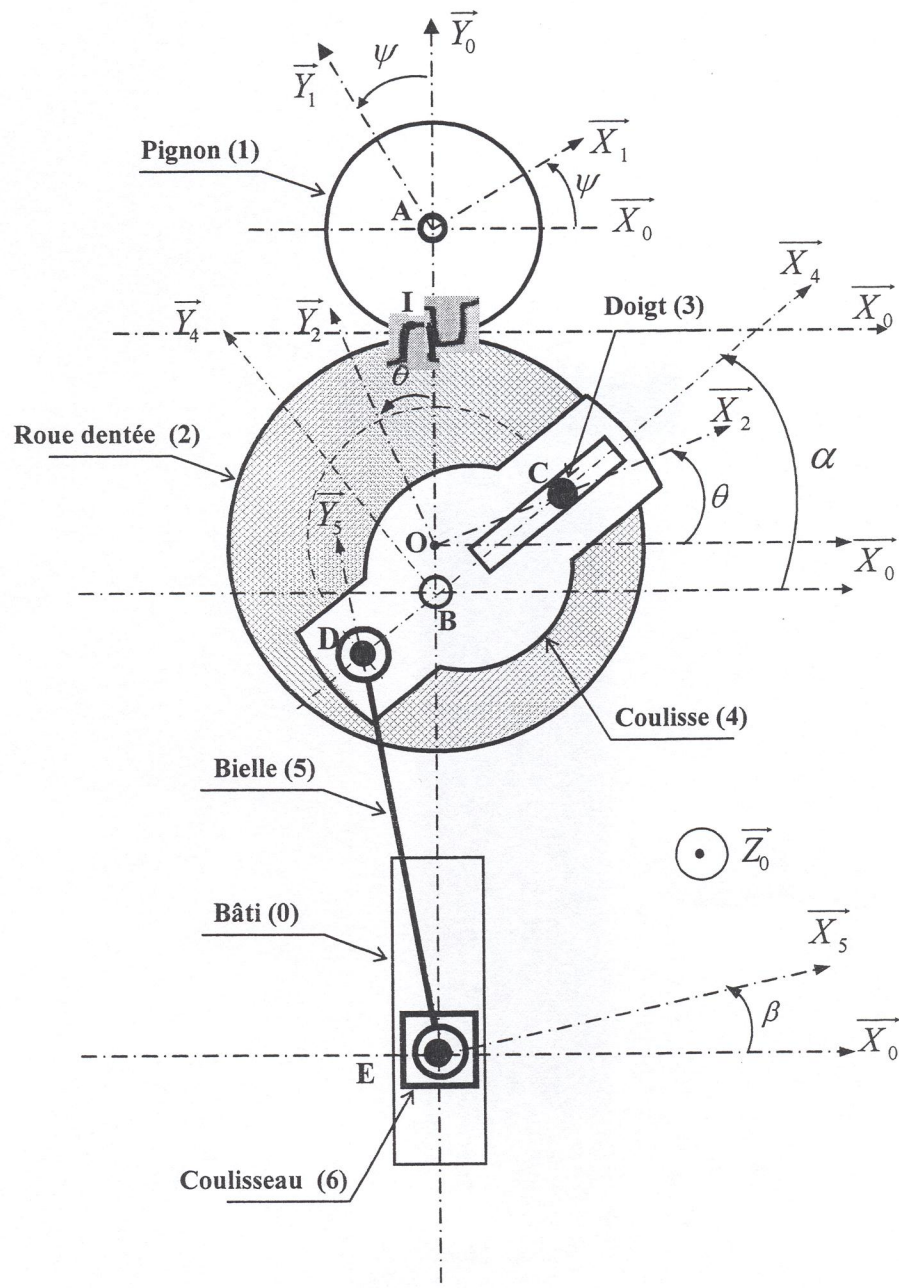


Figure 1b. Schématisation plane du mécanisme de découpage